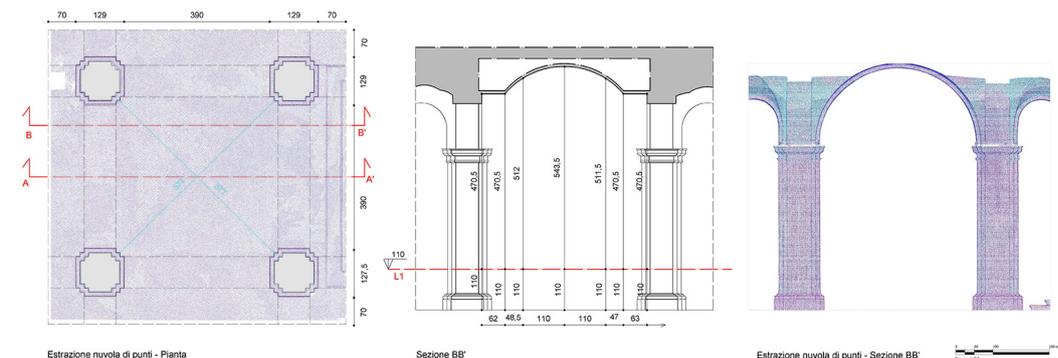
Scenari di *reverse processing* nel rilievo architettonico da nuvola di punti

Marcello Balzani
Federica Maietti
Luca Rossato
Dario Rizzi
Martina Suppa

Abstract

Durante questi due anni di epidemia di Covid-19, nei corsi accademici di Rilievo Architettonico si sono dovute trasferire competenze legate alla documentazione del costruito senza che gli studenti potessero entrare in contatto dal vivo con il manufatto oggetto di studio. Il contributo vuole sintetizzare l'esperienza del rilievo diretto attraverso la sua "surrogazione" mediante gli strumenti digitali di rappresentazione e indagine, quali l'utilizzo di nuvole di punti derivate da scansioni laser 3D, restituzioni grafiche CAD e modellazione finale in un processo di Scan-to-BIM. Una sorta di "reverse process", che ha colto l'opportunità di due corsi di Rilievo Architettonico in continuità (al primo e secondo anno del corso di laurea magistrale in architettura), per sistematizzare un processo conoscitivo a partire dal dato digitale e proporre una didattica innovativa. È stata concepita una metodologia di insegnamento basata su spazi architettonici digitali sotto forma di nuvola di punti. In questo modo, attraverso l'esplorazione di database 3D, gli studenti hanno familiarizzato con alcune architetture complesse, simulando un rilievo diretto e poi descrivendone i luoghi, le caratteristiche, gli apparati decorativi e sviluppando analisi spaziali arrivando alla fine del secondo corso di Rilievo avanzato a ottenere modelli H-BIM degli stessi edifici.

Parole chiave
Rilievo architettonico, documentazione digitale, nuvole di punti, rilievo 3D, H-BIM

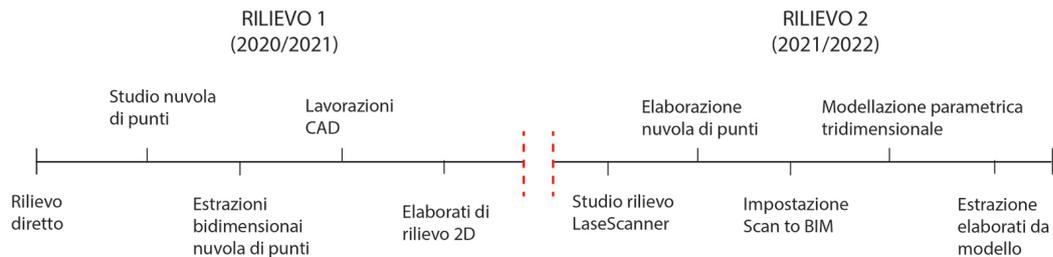
Topics
Immagini per comprendere / condividere / conoscere / imparare / insegnare / interpretare

Rilievo architettonico da nuvola di punti: esempio di utilizzo delle nuvole per lo studio delle volte.

doi.org/10.3280/oa-832-c83

Introduzione

Secondo l'UNESCO, nel maggio 2020, 186 paesi hanno chiuso le scuole, in tutto o in parte, per contenere la diffusione del Covid-19, coinvolgendo circa il 70% degli studenti [UNESCO 2022a]. Per assicurare una adeguata formazione anche in questo contesto emergenziale, si è investito enormemente per potenziare il ruolo della tecnologia a supporto degli studenti. Teoricamente, la tecnologia sarebbe un grande alleato per la sua capacità di individualizzazione, personalizzazione e interattività [Sosa 2019]. Tuttavia, un'attenta analisi della letteratura disponibile indica risultati contrastanti sia per quanto riguarda l'uso dell'hardware [Bernard 2004] che in quello del software [Muralidharan 2019].
Per le università, trasformare l'apprendimento frontale in apprendimento a distanza in un periodo di tempo così breve è stato difficile, a partire dalla realizzazione di materiali didattici (sia audio che video), passando dalla problematica scelta del software necessario per arrivare a identificare strategie di *capacity building* per i propri docenti [Mahmood 2021].
A livello accademico, in Italia, più di 1,8 milioni di studenti universitari sono stati interessati da questo nuovo (e incerto) scenario [UNESCO 2022b]. Tra questi, gli studenti di architettura sono stati i più danneggiati perché le discipline insegnate hanno bisogno di un contatto reale con i materiali, le caratteristiche fisiche e i vincoli di un luogo. L'insegnamento a distanza e la condivisione di materiali online come supporto didattico ha una efficacia ancora tutta da valutare in una disciplina prettamente "di contatto" [Gomis-Porqueras 2018]. Ad esempio, nei corsi di Rilievo dell'Architettura, tra le strategie adottate dai docenti in piena crisi emergenziale si è optato per la proposta di esercizio procedurale delle azioni di rilevamento diretto sugli unici contesti di indagine che fossero accessibili in modo continuativo dagli studenti, ovvero i loro spazi abitativi. Il presente contributo illustra due esperienze tra didattica e ricerca svolte in continuità tra il primo e il secondo anno del corso di laurea magistrale in architettura [1].
Le riflessioni e le sperimentazioni tra Rilievo diretto e indiretto sono scaturite dall'esigenza pratica di individuare possibili azioni di mitigazione per colmare il gap creato dall'insegnamento a distanza di una disciplina che necessita di un intenso e continuativo contatto con lo spazio architettonico. Per questo motivo, nel primo corso di Rilievo affrontato dagli studenti, dopo la prima fase relativa alla documentazione della propria abitazione (tramite eidotipi, attività di misura, ripresa di immagini ed elaborazioni bidimensionali CAD) è stato proposto un approccio didattico basato sul rilievo di uno spazio architettonico digitale, ripercorrendo la metodologia tecnico-operativa che caratterizza le operazioni di rilevamento diretto ma a partire da una nuvola di punti. Questa scelta ha inoltre consentito agli studenti di indagare uno spazio architettico storico, in particolare Palazzo Merenda, un edificio situato nel centro di Forlì [Mengozzi 2020].
Se la fase preliminare ha permesso agli studenti di imparare i processi di documentazione a casa, con gli strumenti disponibili, come una prima base di informazioni relative alla procedura tradizionale di rilievo dell'architettura [Docci, Maestri, 2009], è stato solo con la seconda fase, attraverso la navigazione nella nuvola di punti, che gli studenti hanno preso familiarità con un'architettura più complessa. Nella nuvola di punti gli allievi sono stati in grado di simulare un rilievo diretto come se fossero realmente sul posto. Avendo la possibilità di ottenere immagini accurate ad alta risoluzione, sono stati poi in grado di descrivere gli spazi, analizzare le caratteristiche e gli aspetti decorativi e di sviluppare analisi spaziali [Docci 2017].
Al fine di ovviare al problema dell'acquisto di licenze software onerose per la navigazione della nuvola di punti, si è deciso di utilizzare il software open-source CloudCompare, che ha permesso agli studenti di indagare e analizzare la complessità del rilievo spaziale e formale del caso studio in oggetto attraverso elaborazioni digitali e immagini ad alta risoluzione importate su software CAD e poi elaborate in formato vettoriale [Bianchini 2014].
Alla luce di quanto prodotto durante il corso di rilievo del primo anno, la disciplina offerta al secondo anno ha invece cercato di andare verso una visione più avanzata del rilievo e della restituzione (fig. 01), attraverso l'introduzione all'ambiente BIM (Building Information Modeling) e la gestione di flussi di lavoro complessi attinenti al processo di generazione degli output di progetto in cui sia richiesta la condivisione di dati e l'aderenza a standard di rappresentazione determinati da uno specifico progetto editoriale [Bolognesi 2017].

In questo secondo corso gli studenti, grazie all'utilizzo critico degli strumenti della rappresentazione e finalizzando le esercitazioni sulla base degli output di presentazione con conseguenze anche sulle tecniche, sulla selezione dei software da utilizzare, sul livello di dettaglio (LOD, Level of Detail) dei modelli, hanno raggiunto competenze tecniche legate all'utilizzo dei software per la rappresentazione dell'architettura rilevata. Per questa ragione il corso è stato fortemente caratterizzato da una natura pratica e applicativa.

Fig. 01. I due corsi di Rilievo dell'architettura al primo e secondo anno del percorso accademico magistrale visti in un'ottica di continuità didattica basata sulle tecnologie digitali.

Il rilievo "senza" rilievo: lo spazio architettonico digitale

Conoscere, misurare e leggere criticamente sono solo alcune, ma fondamentali, operazioni che vengono innescate durante il rilievo, che non consiste, quindi, in un passivo elemento del processo di conoscenza, quanto piuttosto di una fase essenziale, in cui si viene a delineare il primo approccio con la realtà architettonica, diretto e "fisico", acquisendo la consistenza dei dati metrici e ambientali, finalizzati alla comprensione e alla documentazione di un manufatto o di un luogo. Nell'impossibilità di adottare questa prassi, ma dovendo trasferire le tecniche più rilevanti di documentazione architettonica senza alcun contatto fisico con il contesto, il corso di Rilievo Architettonico e Tecniche della Rappresentazione ha sviluppato una metodologia di insegnamento a distanza attraverso l'uso di database di nuvole di punti di architetture storiche e relativi modelli digitali [Brusaporci 2011]. Questa proposta ha consentito di sviluppare interessanti riflessioni in merito all'utilità dell'esercizio di "immersione" nella tridimensionalità dello spazio, in ambiente digitale. Il processo descrittivo tradizionale è fortemente vincolato al disegno bidimensionale, anche quando quest'ultimo cerca di imitare nel risultato rappresentativo la complessità spaziale. È un vincolo che storicamente si collega alla semplicità del modello: gli elementi discreti e semplificanti di una rappresentazione bidimensionale propongono una serie di configurazioni limitate ma facili da capire e da utilizzare. La sperimentazione adottata ha consentito di illustrare e far applicare il metodo del rilevamento diretto con esercizi applicativi su realtà spaziali "semplici" e accessibili, e su un'architettura monumentale, attraverso analisi ed estrazioni del database a nuvola di punti, precedentemente acquisito tramite campagna di laser scanner dallo staff dell'Università in diversi progetti di ricerca. Questo ha consentito di anticipare le tematiche relative all'utilizzo delle sorgenti di rilievo strumentale integrato, operando un confronto metodologico-applicativo e un'analisi delle differenze di metodo e di procedura tra rilievo diretto "discreto" e rilievo "quantitativo" ad alta densità informativa.
Sono stati quindi trasferiti in laboratorio "off site" processi di organizzazione e di lettura del dato digitale [Scidà et al. 2020] facendo ripercorrere il processo a ritroso affinché la procedura di acquisizione digitale costituisse la base per la finalizzazione restituiva del dato metrico, ragionando al contempo sulle potenzialità del "capitale di misure" interrogabile, aggiornabile e implementabile, costituito dal database tridimensionale.
Sono state quindi realizzate restituzione di rilievo planimetrico con trilaterazioni (fig. 02), cuciture tra ambienti, coordinate ortogonali, quotatura e tabelle dei delta di variazione tre la misurazione da nuvola e la restituzione CAD; dettagli planimetrici, sezioni (fig. 03), prospetti, spaccati assonometrici, volte. L'esercizio di rilievo "diretto" da nuvola di punti adottato nel corso del primo anno di Rilievo Architettonico tramite elaborazione dei dati 3D [Tucci 2017] ha consentito di porre le basi per la successiva applicazione di strumenti di gestione e

classificazione delle nuvole di punti ottenute da rilievo tridimensionale integrato, procedura adottata nel corso di Tecniche della Rappresentazione nel secondo anno. L'esperienza, posta in continuità con quanto sviluppato al primo anno, ha permesso di organizzare banche dati digitali, di diversi contesti architettonici monumentali, funzionali alla modellazione BIM e all'interrogazione del database stesso, nell'ottica di ottimizzare il processo Scan-to-Bim e al contempo configurarsi come un documento interrogabile e consultabile in tutte le fasi del processo di digitalizzazione e di gestione [Brusaporci 2010].

Tabella del Δ di variazione			
Lato	M.Ril	M.CAD	Δ cm
AB	949	950	1
BG	360,5	360	0,5
GE	650	650	0
EA	470	470	0
AG	1021	1020	1
BE	742	742,5	0,5
AD	835	835,5	0,5
DF	460	460,5	0,5
EF	120	120	0
FA	580	580	0
ED	560	560	0
DC	951	950	1
CH	340	340	0
HF	650	650	0
FC	729	730,5	1,5
HD	1010	1010	0
IL	438	440	2
IN	740	740,5	0,5
NM	532	532	0
ML	740	740,5	0,5
IM	900	900	0
LN	950	950,5	0,5
OP	470	470	0
PQ	210	210	0
RQ	471	470	1
OR	209,5	210	0,5
OQ	510	510,5	0,5
RP	511	511	0

Fig. 02. Concettualizzazione del rilievo diretto da nuvola di punti.

Fig. 03. Estrazione del dato da nuvola di punti e restituzione CAD del rilievo ipotizzando la metodologia di acquisizione diretta delle morfologie.

Dal rilievo integrato alla modellazione parametrica

L'applicazione di strumenti di gestione e classificazione delle nuvole di punti ottenute da rilievo tridimensionale integrato, permette di organizzare delle banche dati digitali, di interrogare il database e di sviluppare e applicare conoscenze metodologiche, procedurali e operative (contenuti, modelli, significati grafici e convenzioni, ecc.). La proposta di diversi contesti applicativi, architetture complesse (fig. 04) di cui fosse già disponibile il database a nuvola di punti, ha consentito di proseguire l'esercizio di analisi spaziale, architettonica, conservativa, su cui sperimentare le diverse procedure connesse alla modellazione, partendo dalla nuvola di punti, attraverso il suo inserimento in software parametrico per la realizzazione del modello BIM per arrivare poi all'estrazione da quest'ultimo di piante, prospetti, sezioni, spaccati ed esplosi assonometrici (fig. 04).

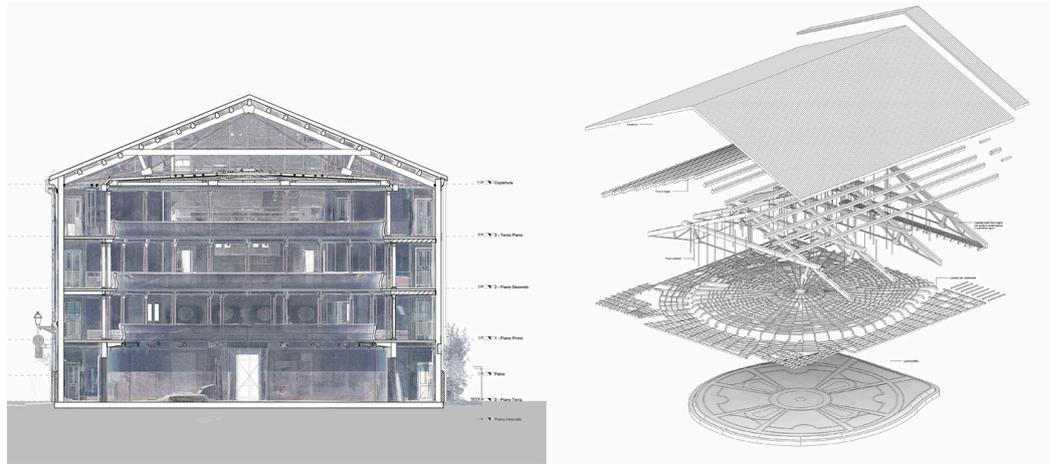



Fig. 04. Teatro di Novi di Modena, dalla nuvola di punti al modello BIM (a destra vista di un esploso assonometrico).

Nuvole di punti prodotte da rilevi digitali integrati hanno costituito la base dei modelli morfometrici di elevata accuratezza e precisione da indagare direttamente all'interno dei software di authoring, per modellare le geometrie dei manufatti. L'obiettivo, in questo caso, era quello di trasferire le competenze per approcciare il Building Information Modeling applicato all'esistente al patrimonio esistente e storico (eBIM e HBIM) nell'ambito dell'integrazione di tecnologie digitali di acquisizione e modellazione dati per lo sviluppo di librerie di oggetti pa-

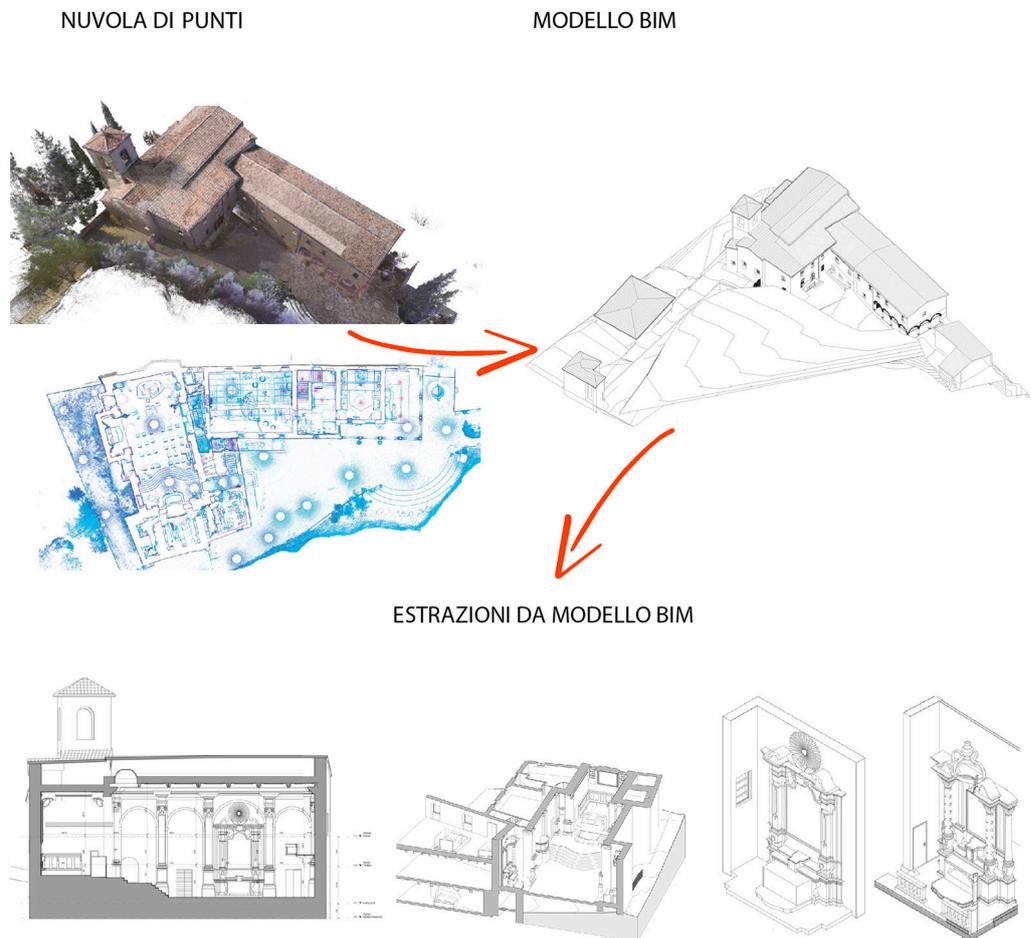



Fig. 05. Processo di creazione del dato digitale da nuvola di punti a estrazioni bidimensionali estratte da modello attraverso il processo SCAN to BIM.

rametrici caratterizzati da forme geometriche complesse, forme libere e geometrie a doppia curvatura, e dunque alcune volte non contenute, ancora oggi, nelle librerie di componenti standard dei comuni programmi di *authoring* [Empler 2018]. A livello metodologico, le azioni di interrogazione in relazione alle caratteristiche morfologiche del manufatto e alle finalità del rilievo, direttamente all'interno di programmi di disegno assistito o di Building Information Modeling, consentono l'esercizio ad un approccio fortemente critico. Le attuali possibilità di visualizzazione e segmentazione della nuvola [Grilli 2019] consentono la contestuale verifica dei punti appartenenti al piano di sezione individuato in rapporto agli infiniti piani a esso paralleli garantendo, in tal senso, la possibilità di indagare il modello tridimensionale nel suo complesso. L'impiego di visualizzatori di database di rilievo tridimensionale disponibili in formato aperto è utile in una fase precedente di segmentazione del modello, attualmente definita da scelte e operazioni eseguite dall'operatore, al fine di estrarre porzioni dal modello complessivo di dati, con riferimento a un medesimo sistema di coordinate georeferenziate, oggetto di singole elaborazioni all'interno di modelli a nuvola di punti particolarmente complessi e caratterizzati da un elevato numero di coordinate. Le operazioni in ambiente BIM, disciplina o metodo di lavoro ormai indispensabile, si sono poste l'obiettivo di gestire flussi di lavoro complessi attinenti al processo di generazione degli output attraverso un utilizzo critico degli strumenti (fig. 05). Alle finalità delle fasi di rilievo e restituzione si sono aggiunte inoltre, al fine della definizione del protocollo di estrazione e elaborazione dei dati caratteristici di ciascun caso studio, le richieste e le esigenze di una finalità operativa specifica, quali restauro, analisi dello stato conservativo, documentazione, analisi ambientale, ecc. Il caso studio del Museo Civico Archeologico di Verucchio, in provincia di Rimini, è stato di fondamentale importanza, data la sua morfologia, per far apprendere agli studenti le tecniche di elaborazione del dato digitale a loro fornito sotto forma di nuvola di punti del complesso (figg. 06, 07, 08).

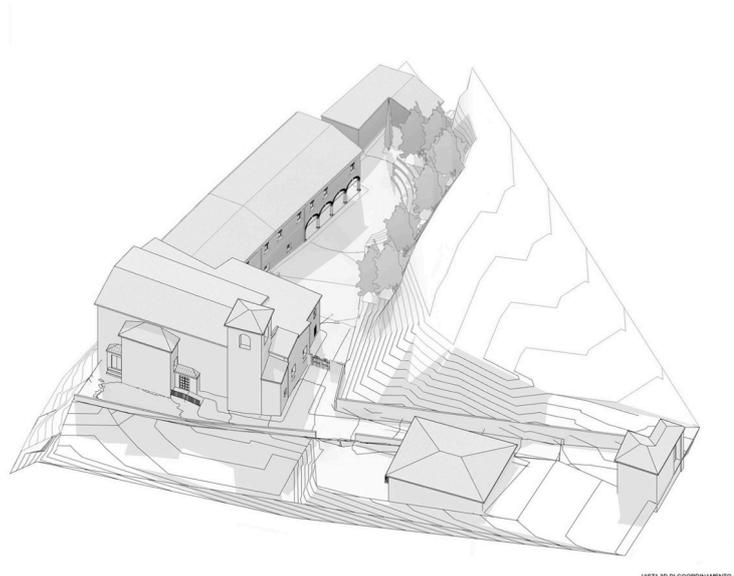
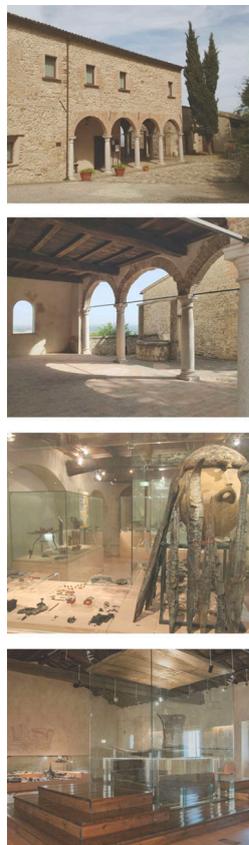



Fig. 06. Museo Archeologico di Verucchio, Rimini, inquadramento del progetto di digitalizzazione.

Fig. 07. Analisi delle superfici del Museo Archeologico di Verucchio, Rimini, attraverso il modello BIM.

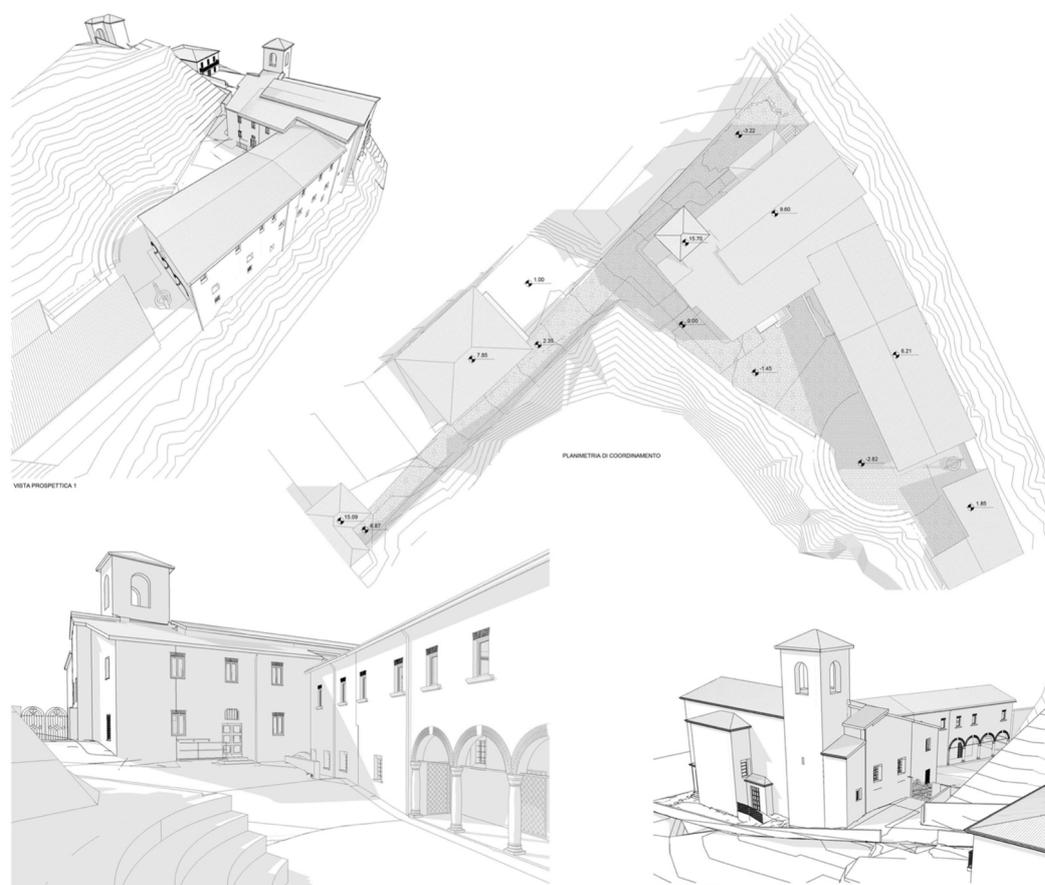
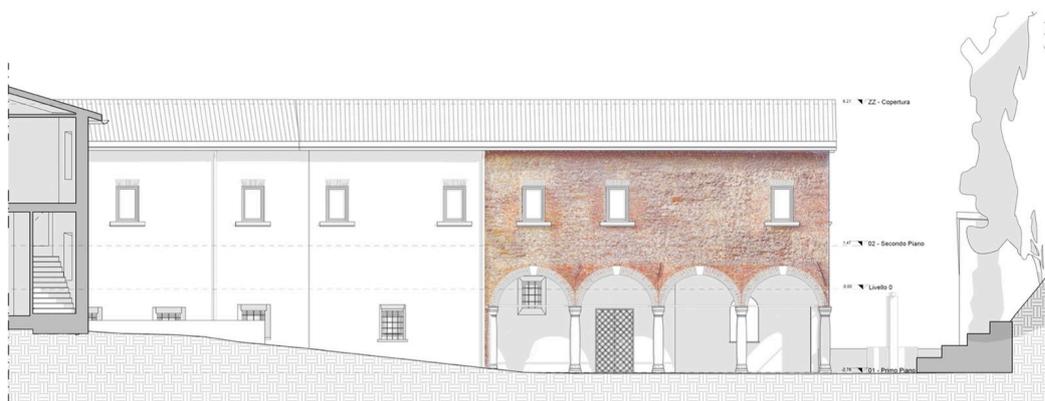



Fig. 08. Museo Archeologico di Verucchio, Rimini, viste da modello BIM del complesso.

Conclusioni

Diversamente dall'ambiente fisico, nell'ambiente digitale, la lettura spaziale e formale è simultanea, cioè non filtrata dall'osservazione diretta dell'oggetto in un delta tempo reale. Pertanto, il processo logico di interpretazione e rappresentazione del modello digitale, soprattutto per gli studenti del primo anno, ha richiesto un notevole sforzo di sintesi concettuale nell'analisi, interpretazione e rappresentazione dei dati e delle informazioni metrico-geometriche e volumetriche contestualmente presenti nel modello morfometrico digitale.
Il controllo del database 3D ha permesso agli studenti di raggiungere l'obiettivo finale della documentazione digitale dell'architettura storica attraverso disegni tecnici.

L'attività di segmentazione della nuvola di punti e la successiva elaborazione, ha permesso agli studenti di conoscere, verificare e controllare il processo logico della documentazione architettonica in un ambiente 3D ad alta densità, consentendo di entrare in contatto con architetture complesse e diversi gradi di articolazione spaziale, volumetrica, decorativa.
L'uso e la possibilità di operare su modelli digitali BIM ha permesso agli studenti non solo di rappresentare gli elementi architettonici, studiando forme e proporzioni, ma anche di comprendere le relazioni architettoniche e l'importanza dell'utilizzo di tali tecnologie avanzate (Papa & D'Agostino, 2017). Il processo di *learning by doing* è stato particolarmente efficace, puntando su processi metodologici che richiedono un approccio fortemente critico e trasferendo al contempo competenze digitali oggi imprescindibili sia per le future esperienze accademiche che per quelle professionali. Il corso del secondo anno di rilievo avanzato e restituzione BIM, in particolare, ha visto un apporto teorico indirizzato a formare le conoscenze metodologiche, procedurali e operative (contenuti, modelli, significati grafici e convenzioni, ecc.) direttamente connessi a una esperienza di rilievo a scala architettonica e/o a scala urbana, all'interno dei quali (individualmente o in gruppo) sperimentare le diverse procedure che sono attualmente la frontiera della disciplina.

Note

[1] L'esperienza tra didattica e ricerca qui riportata fa riferimento ad alcuni dei contenuti sviluppati nell'ambito del Corso di Rilievo dell'Architettura I e Tecniche della Rappresentazione, Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara, Docenti Marcello Balzani, Luca Rossato, e nell'ambito del Corso integrato di Tecniche della Rappresentazione II, Docenti Marcello Balzani, Dario Rizzi, anno accademico 2019/2020 e 2020/2021. Hanno collaborato ai due corsi: Federica Maietti, Martina Suppa, Fabio Planu, Gabriele Giau, Nicola Tasselli, Fabiana Raco, Francesco Viroli, Guido Galvani.

Riferimenti bibliografici

Bernard, R. M., et al. (2004). How does distance education compare with classroom instruction? A meta-analysis of the empirical literature. In *Review of Educational Research*, Washington, DC, v. 74, n. 3, pp. 379-439.

Bianchini, C. (2014). Survey, Modeling, Interpretation as Multidisciplinary Components of a Knowledge System. In *SCIRES-IT-SCIentific RESersch and Information Technology,* 4(1), pp. 15-24.

Bolognesi, C. (a cura di). (2017). *Brainstorming BIM. Il modello tra rilievo e costruzione.* Santarcangelo di Romagna, Rimini: Maggioli editore.

Brusaporci, S. (2010). Sperimentazione di modelli tridimensionali nello studio dell'architettura storica. In Brusaporci, S. (a cura di). *Sistemi informativi integrati per la tutela la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, pp. 58-64. Roma: Gangemi Editore.

Brusaporci, S. (2011). Digital models for architectonical representation. In *Disegnarecon*, 4(8), pp. 107-115.

Docci, M., Chiavoni, E. (2017). *Saper leggere l'architettura*. Bari: Laterza.

Docci, M., Maestri, D. (2009). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano.* Bari: Laterza.

Empler, T., Quici, F., Valenti, M.G. (a cura di). (2018). *3D Modeling & BIM. Nuove Frontiere*. Roma: Dei-Tipografia del Genio Civile.

Gomis-Porqueras, P., Rodrigues-Neto, J. A. (2018). Teaching technologies, attendance, learning and the optimal level of access to online materials. In *Economic Modelling*, 73, pp. 329-342.

Grilli, E., Remondino, F. (2019). Classification of 3D digital heritage. In *Remote Sensing,* 11(7), pp. 847-855.

Mahmood, S. (2021). Instructional Strategies for Online Teaching in COVID-19 Pandemic. In *Hum. Behav. Emerg. Technol.*, 3, pp. 199-203.

Mengozzi, M., Poma, G. (2020). *Palazzo del Merenda. Un patrimonio forlivese.* Forlì: Società di Studi Romagnoli.

Muralidharan, K., Singh, A., Ganimian, A. J. (2019). Disrupting education? Experimental evidence on technology-aided instruction in India. In *American Economic Review,* Nashville, v. 109, n. 4, pp. 1426-60.

Papa, L.M., D'Agostino, P. (a cura di). (2019). *BIM Views. Esperienze e Scenari.* Fisciano: CUA - Coop. Univ. Athena.

Scidà, I., Alotto, F., Osello, A., (2020). A methodology to virtualize technical engineering laboratories: MastrLAB-VR. In *International Journal of Civil and Architectural Engineering,* 14(6), 175-184.

Sosa, O., Manzuoli, C. (2019). Models for the pedagogical integration of information and communication technologies: a literature review. In *Avaliação e Políticas Públicas em Educação,* Rio de Janeiro, v. 27, n. 102, pp. 129-156.

Tucci, G., et al. (2017). Digital workflow for the acquisition and elaboration of 3D data in a monumental complex: the fortress of Saint John the Baptist in Florence. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences,* XLII-2/W5, pp. 679–686.

UNESCO, *Education: From disruption to recovery. COVID-19 impact on education.* https://en.unesco.org/covid19/educationresponse (consultato il 5 febbraio 2022).

UNESCO, *Education: Global monitoring of school closures for COVID-19.* https://en.unesco.org/covid19/educationresponse#-schoolclosures (consultato il 5 febbraio 2022).

Autori

Marcello Balzani, University of Ferrara, marcello.balzani@unife.it
Federica Maietti, University of Ferrara, federica.maietti@unife.it
Luca Rossato, University of Ferrara, luca.rossato@unife.it
Dario Rizzi, University of Ferrara, dario.rizzi@unife.it
Martina Suppa, University of Ferrara, martina.suppa@unife.it

Per citare questo capitolo: Balzani Marcello, Maietti Federica, Rossato Luca, Rizzi Dario, Suppa Martina (2022). Scenari di *reverse processing* nel rilievo architettonico da nuvola di punti/Reverse processing scenarios in architectural survey from point cloud. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/ Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: FrancoAngeli, pp. 1261-1278.

Isbn 9788835141938

Reverse processing scenarios in architectural survey from point cloud

Marcello Balzani
Federica Maietti
Luca Rossato
Dario Rizzi
Martina Suppa

Abstract

During these two years of Covid-19 epidemic, in the academic courses of Architectural Survey, it has been necessary to transfer skills related to the documentation of the built environment without students being able to get in touch with the artefact under study. The paper aims to summarize the experience of the direct survey through its "surrogate" by digital tools of representation and investigation, such as the use of point clouds from 3D laser scans, CAD graphics representations and final modeling in a process of Scan-to-BIM. A sort of "reverse process", which took the opportunity of two courses of Architectural Survey in continuity (in the first and second year of the Master of Science in Architecture), to outline a knowledge process starting from the digital data and propose an innovative teaching. A teaching methodology based on digital architectural spaces in the form of point clouds has been conceived. In this way, through the exploration of 3D databases, students have become familiar with some complex architectures, simulating a direct survey and then describing their locations, features, decorative elements, and developing spatial analysis, up to the development of H-BIM models of the same buildings at the end of the second course of Advanced Surveying.

Keywords
Architectural survey, digital documentation, point clouds, 3D survey, H-BIM

Topics
Images for understanding / sharing / knowing / learning / teaching / interpreting

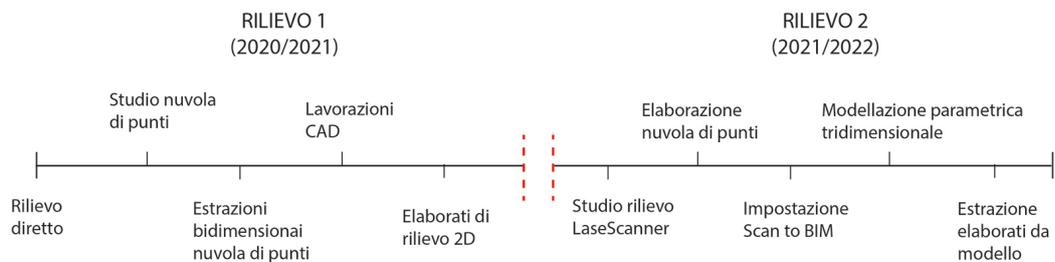
Architectural survey from point cloud: example of using clouds for the study of vaults.

doi.org/10.3280/oa-832-c83

Introduction

According to UNESCO, in May 2020, 186 countries closed schools, in whole or in part, to contain the spread of Covid-19, affecting about 70% of students [UNESCO 2022a]. To ensure adequate education even in this emergent context, there has been a massive investment in enhancing the role of technology to support students. Theoretically, technology would be a great enabler because of its capacity for individualization, personalization, and interactivity [Sosa 2019]. However, a careful review of the available literature indicates mixed results in both hardware [Bernard 2004] and software use [Muralidharan 2019].
For universities, transforming face-to-face learning into distance learning in such a short period of time has been difficult, starting with the creation of teaching materials (both audio and video), moving from the problematic choice of software needed to identifying capacity building strategies for their faculty [Mahmood 2021].
At the academic level, in Italy, more than 1.8 million university students have been affected by this new (and uncertain) scenario [UNESCO 2022b]. Among them, Architecture students have been the most damaged because the disciplines taught need a real contact with the materials, physical characteristics, and features and constraints of a place.
Distance learning and the sharing of online materials as teaching support has an effectiveness yet to be evaluated in a predominantly "contact" discipline [Gomis-Porqueras 2018]. For example, in the courses of Architectural Surveying, among the strategies adopted by the teachers in the midst of an emergency crisis, they opted to propose a procedural exercise of direct survey actions on the only survey contexts that were continuously accessible by the students, namely their dwellings.
This paper presents two experiences between education and research carried out in continuity between the first and second year of the Master of Science in Architecture course [1]. The reflections and the experiments between Direct and Indirect survey arose from the practical need to identify possible mitigation actions to fill the gap created by the distance teaching of a discipline that needs an intense and continuous contact with the architectural space. For this reason, in the first course of Survey faced by the students, after the first phase related to the documentation of their own home (through sketches, measurement activities, image taking and two-dimensional CAD processing) a didactic approach based on the survey of a digital architectural space was proposed. This approach allows retracing the technical-operational methodology that characterizes the operations of direct survey but starting from a cloud of points. This choice has also allowed the students to investigate a historical architectural space, in particular Palazzo Merenda, a building located in the centre of Forlì [Mengozzi 2020].
While the preliminary phase allowed the students to learn the processes of documentation at home, with the available tools, as an initial baseline of information related to the traditional procedure of surveying architecture [Docci, Maestri, 2009], in the second phase, through navigating the point cloud, the students became familiar with more complex architecture. In the point cloud, students were able to simulate a direct survey as if they were actually on site. Having the ability to obtain accurate high-resolution images, they were then able to describe spaces, analyse features and decorative aspects, and develop spatial analyses [Docci 2017]. In order to overcome the problem of purchasing onerous software licenses for navigating the point cloud, it was decided to use the open-source software CloudCompare. This software allowed students to investigate and analyse the complexity of the spatial and formal survey of the assigned case study through digital elaborations and high-resolution images imported on CAD software and then processed in vector format [Bianchini 2014]. Starting from what was produced during the survey course of the first year, the discipline taught in the second year instead tried to move towards a more advanced vision of survey and representation (Fig. 01). This goal was pursued through the introduction to the BIM (Building Information Modeling) environment and the management of complex workflows concerning the process of generating project outputs in which data sharing and the compliance with representation standards determined by a specific project is required [Bolognesi 2017].

In this second course, the students have reached technical skills related to the use of software for the representation of the surveyed architecture by specific actions. Critical use of representation tools, finalization of exercises based on presentation outputs, choice of techniques, selection of software to use, Level of Detail (LOD) of models are some of them. For this reason, the course had a strong practical and applied orientation.

Fig. 01. The two courses of Architectural Surveying in the first and second year of the Master's degree course in a perspective of educational continuity based on digital technologies.

The survey "without" survey: the digital architectural space

Knowing, measuring and interpreting critically are only some, but essential, operations that are triggered during the survey, which is not, therefore, a passive element of the knowledge process, but rather a crucial phase. During this process, the first approach with the architectural reality is outlined, direct and "physical", acquiring the consistency of metric and environmental data, aimed at understanding and documenting an artefact or a place. In the impossibility of following this practice, but having to transfer the most relevant techniques of architectural documentation without any physical contact with the context, the course of Architectural Survey and Representation Techniques has developed a distance learning methodology through the use of point cloud databases of historical architecture and related digital models [Brusaporci 2011]. This proposal has allowed developing interesting reflections on the usefulness of the exercise of "immersion" in the three-dimensional space, in a digital environment. The traditional descriptive/representative process is strongly bound to the two-dimensional drawing, even when the latter tries to imitate in the representative result the spatial complexity. It is a constraint historically linked to the easiness of the model: the discrete and simplifying elements of a two-dimensional representation propose a series of limited configurations that are easy to understand and use. The experimentation carried out has allowed illustrating and applying the method of direct survey with application exercises on "simple" and accessible spaces, and on a monumental architecture, through analysis and extraction of the point cloud database, previously acquired through laser scanner campaign by the University staff in different research projects. This has allowed anticipating the issues related to the use of integrated survey devices and sources, making a methodological-applicative comparison and an analysis of the differences in method and procedure between direct "discrete" and "quantitative" survey with high information density. The processes of organization and interpretation of the digital data were then transferred to the laboratory "off-site" [Scidà et al. 2020] by retracing the process backwards. In this way, the digital acquisition procedure was the basis for the final representation of the metric data, while reasoning on the potential of the "capital of measures" searchable, updatable and implementable, consisting of the three-dimensional database. The students have then elaborated planimetric survey representations with trilaterations (fig. 02), connections between environments, orthogonal coordinates, quotations and tables of variation ranges between the measurement from the cloud and the CAD representation; planimetric details, sections (fig. 03), elevations, axonometric cross-sections, vaults. The exercise of "direct" survey from point cloud applied during the first year of Architectural Survey through 3D data processing [Tucci 2017] has allowed lying the basis for the following application of tools for the management and classification of point clouds obtained from integrated three-dimensional survey, a

procedure adopted in the course of Techniques of Representation in the second year. The experience, set in continuity with the first year course, has allowed exploring digital databases of different monumental architectural contexts, functional to BIM modeling and database querying, in order to optimize the Scan-to-Bim process and to manage models as documents that can be queried and consulted in all phases of the digitization and management process [Brusaporci 2010].

Tabella del Δ di variazione			
Lato	M.Ril	M.CAD	Δ cm
AB	949	950	1
BG	360,5	360	0,5
GE	650	650	0
EA	470	470	0
AG	1021	1020	1
BE	742	742,5	0,5
AD	835	835,5	0,5
DF	460	460,5	0,5
EF	120	120	0
FA	580	580	0
ED	560	560	0
DC	951	950	1
CH	340	340	0
HF	650	650	0
FC	729	730,5	1,5
HD	1010	1010	0
IL	438	440	2
IN	740	740,5	0,5
NM	532	532	0
ML	740	740,5	0,5
IM	900	900	0
LN	950	950,5	0,5
OP	470	470	0
PQ	210	210	0
RQ	471	470	1
OR	209,5	210	0,5
OQ	510	510,5	0,5
RP	511	511	0

Fig. 02. Conceptualization of direct survey from point cloud.

Fig. 03. Data extraction from point cloud and CAD representation of the survey by assuming direct morphology acquisition methodology.

From integrated survey to parametric modeling

The application of management and classification tools of point clouds obtained from integrated three-dimensional survey, allows to organize digital databases, to query the database and to develop and apply methodological, procedural and operational knowledge (contents, models, graphic meanings and standards, etc.). The proposal of different application contexts, complex architectures (fig. 04) of which the point cloud database was already available, has allowed to carry on the exercise of spatial, architectural, and conservative analysis. Students experimented different modeling procedures, starting from the point cloud, through its integration in parametric software for the implementation of the BIM model and then to extract plans, elevations, sections, cutaways and axonometric exploded views (fig. 04). Point clouds obtained from integrated digital surveys were the basis for morphometric mod-

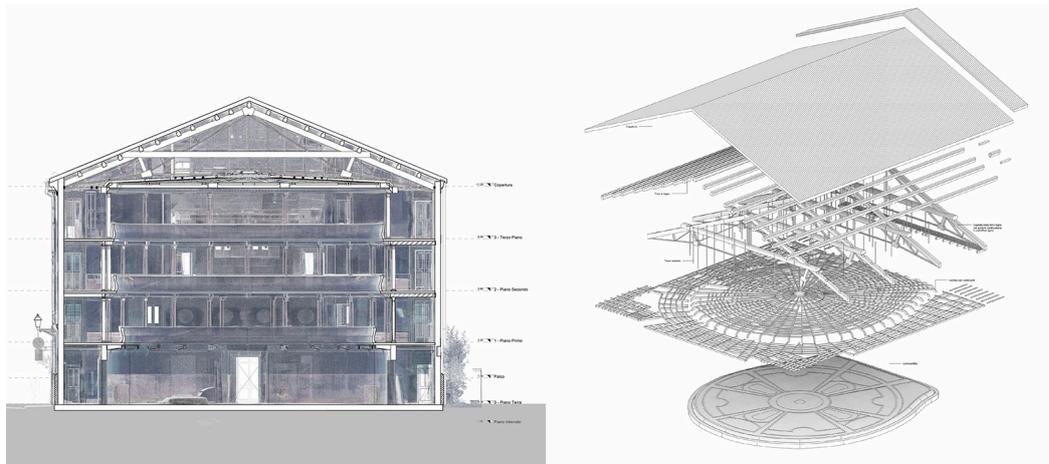



Fig. 04. Theatre of Novi, Modena, from point cloud to BIM model (on the right, an axonometric exploded view).

els of high accuracy and precision to be investigated directly within authoring software, to model the geometries of the buildings. The goal, in this case, was to transfer the skills to approach Building Information Modeling applied to existing and historical heritage (eBIM and HBIM) in the context of integrating digital data acquisition and modeling technologies. This lead to the development of libraries of parametric objects characterized by complex geometric shapes, free forms and double curvature geometries, and therefore sometimes

NUVOLA DI PUNTI

MODELLO BIM

ESTRAZIONI DA MODELLO BIM

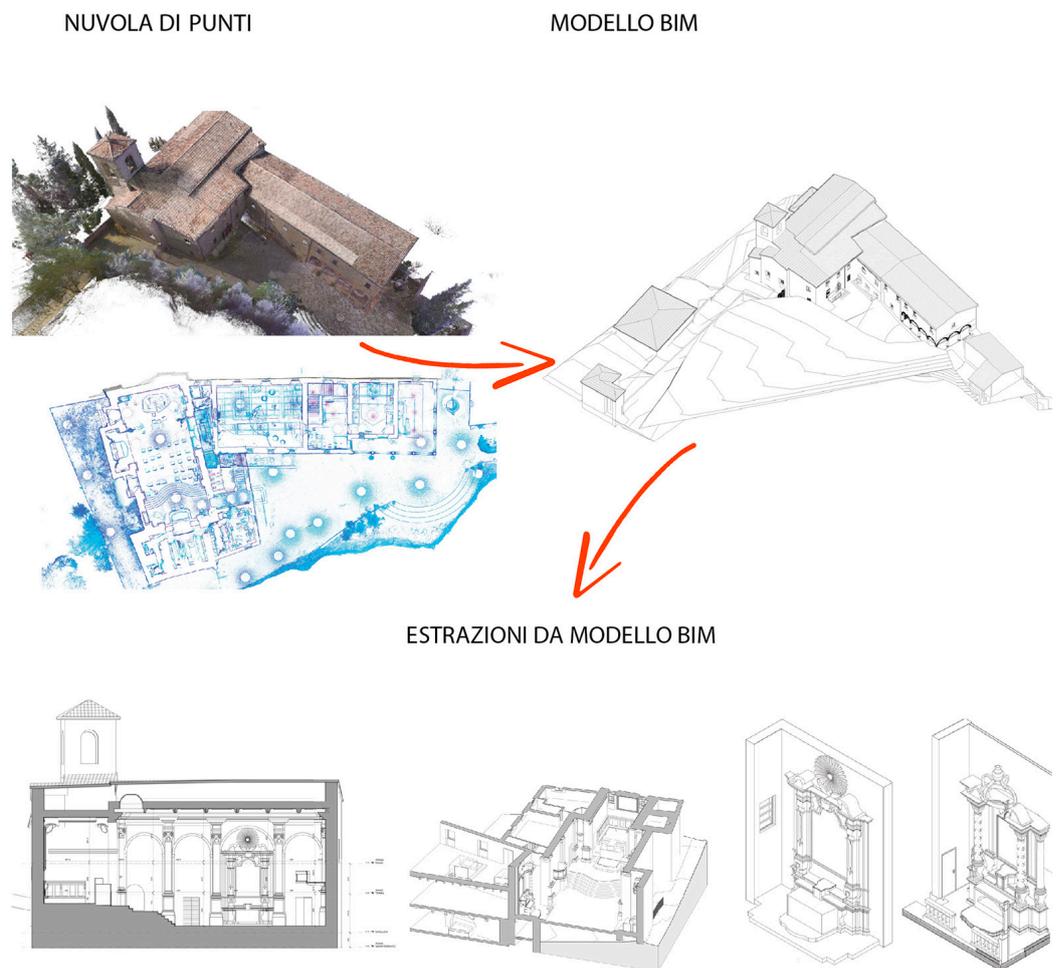



Fig. 05. Process of creating digital data from point cloud to two-dimensional extractions from model through Scan-to-BIM process.

not contained, even today, in the standard component libraries of common authoring software [Empler 2018]. At the methodological level, the actions of querying in relation to the morphological features of the building and the purpose of the survey, directly within assisted design or Building Information Modeling software, allow to practice a highly critical approach. The current opportunities for point cloud visualization and segmentation [Grilli 2019] allow the contextual assessment of the points belonging to the section plane identified in relation to the infinite planes parallel to it ensuring, in this sense, the possibility of investigating the three-dimensional model as a whole. The use of viewers of three-dimensional survey databases available in open format is useful in a previous phase of segmentation of the model, currently defined by choices and operations performed by the operator. This allows extracting parts of the overall data model, with reference to the same georeferenced coordinate system, subject to individual processing within point cloud models particularly complex and characterized by a large number of coordinates. Processes in the BIM environment, a discipline or work method that is now essential, have been set up in order to manage complex workflows related to the output generation process through a critical use of tools (fig. 05). In addition to the purposes of the survey and representation phases, specific operational purposes were added, such as restoration, analysis of the state of conservation, documentation, environmental analysis, etc., in order to define the protocol for the extraction and processing of specific data and features peculiar to each case study. The case study of the Civic Archaeological Museum of Verucchio, in the province of Rimini, was of primary importance, given its morphology, for students to learn the techniques for processing the digital data provided in the form of a point cloud of the complex (figs. 06, 07, 08).

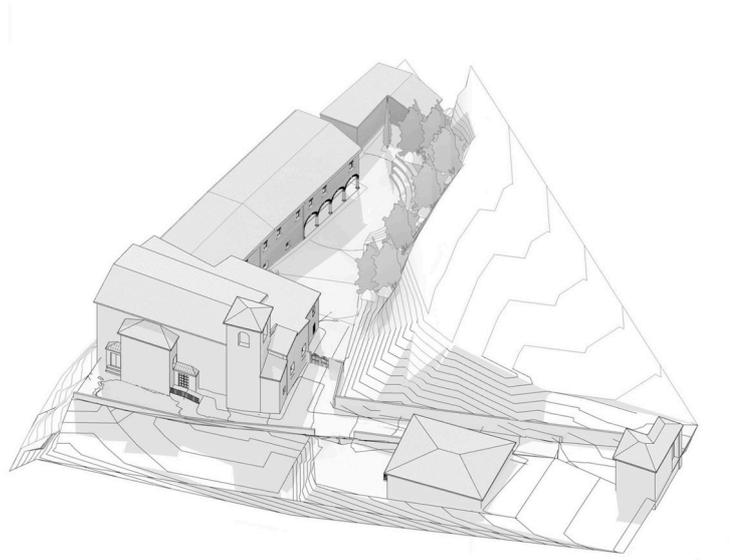
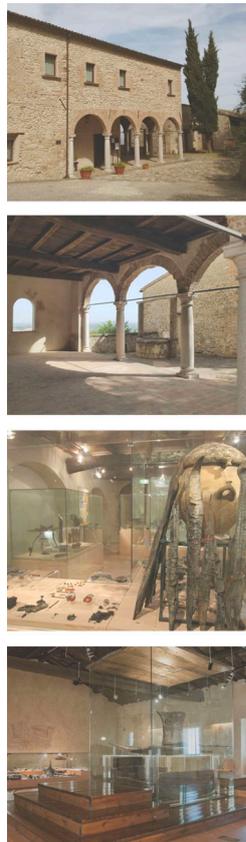



Fig. 06. Verucchio Archaeological Museum, Rimini, overview of the digitization project.

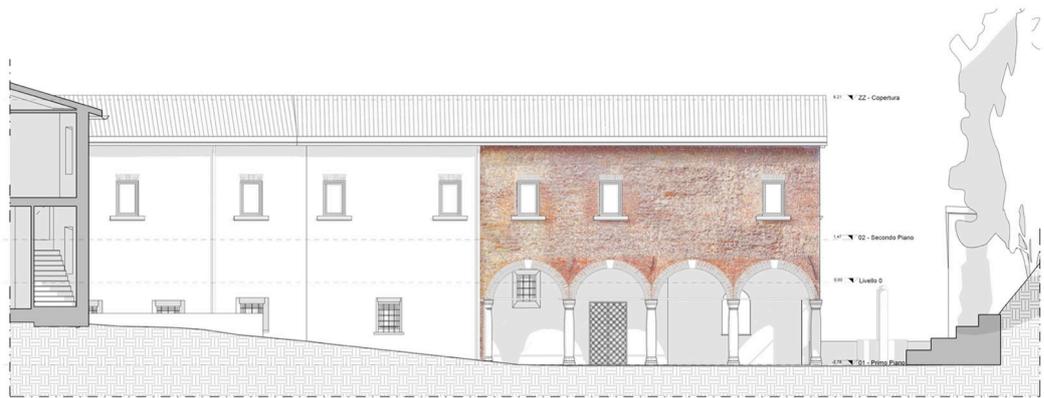



Fig. 07. Analysis of the surfaces of the Archaeological Museum of Verucchio, Rimini, through the BIM model.

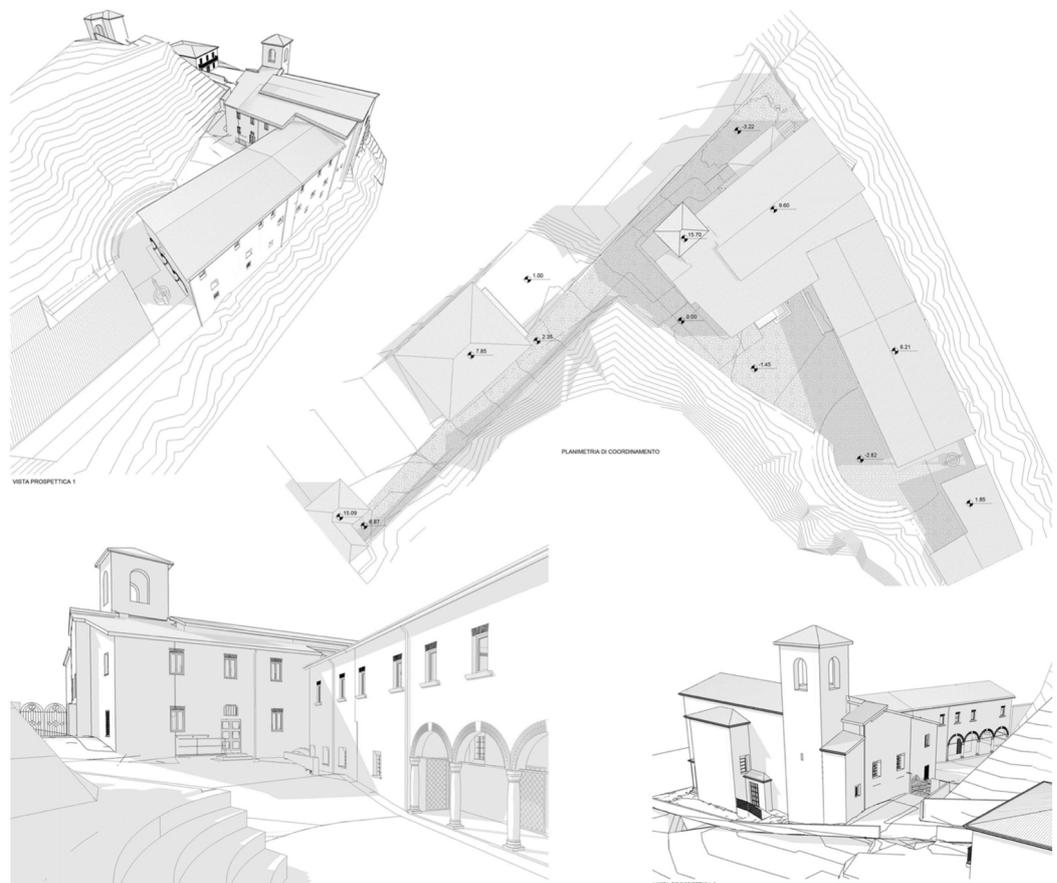



Fig. 08. Verucchio Archaeological Museum, Rimini, views from BIM model of the complex.

Conclusions

Unlike the physical environment, in the digital environment, spatial and formal understanding is simultaneous, i.e., not filtered by direct observation of the object in a real time delta. Therefore, the logical process of interpretation and representation of the digital model, especially for first-year students, required a considerable effort of conceptual synthesis in the analysis, interpretation, and representation of the metric-geometric and volumetric data and information contextually available in the digital morphometric model. The analysis of the 3D database allowed students to achieve the ultimate goal of digital documentation of historic architecture through technical drawings.

The activity of point cloud segmentation and its following processing, allowed students to know, verify and check the logical process of architectural documentation in a high-density 3D environment, allowing getting in touch with complex architectures and different degrees of spatial, volumetric, decorative articulation.
The use and possibility of working on digital BIM models allowed students not only to represent architectural elements, studying shapes and proportions, but also to understand architectural relationships and the importance of using such advanced technologies (Papa & D'Agostino, 2017). The learning by doing process was particularly effective, focusing on methodological processes that require a highly critical approach while transferring digital skills that are now essential for both future academic and professional experiences.
The course of the second year of advanced survey and BIM modeling, in particular, has provided a theoretical contribution aimed at forming the methodological, procedural and operational knowledge (content, models, graphic representations, etc.). This knowledge process was directly related to a survey experience at architectural and / or urban scale, within which (individually or in groups) experiment with the different procedures that are currently the frontier of the discipline.

Notes

[1] The experience between education and research presented in this paper is related to some of the topics developed within the Course of Architectural Surveying I and Techniques of Representation, Department of Architecture, University of Ferrara, Professors Marcello Balzani, Luca Rossato, academic year 2019/2020. And within the Integrated Course of Techniques of Representation II, Professors Marcello Balzani, Dario Rizzi, academic year 2020/2021. Collaborators to the two courses: Federica Maietti, Martina Suppa, Fabio Planu, Gabriele Giau, Nicola Tasselli, Fabiana Raco, Francesco Viroli, Guido Galvani.

References

Bernard, R. M., et al. (2004). How does distance education compare with classroom instruction? A meta-analysis of the empirical literature. In *Review of Educational Research*, Washington, DC, v. 74, n. 3, pp. 379-439.

Bianchini, C. (2014). Survey, Modeling, Interpretation as Multidisciplinary Components of a Knowledge System. In *SCIRES-IT-SCIentific RESersch and Information Technology,* 4(1), pp. 15-24.

Bolognesi, C. (a cura di). (2017). *Brainstorming BIM. Il modello tra rilievo e costruzione.* Santarcangelo di Romagna, Rimini: Maggioli editore.

Brusaporci, S. (2010). Sperimentazione di modelli tridimensionali nello studio dell'architettura storica. In Brusaporci, S. (a cura di). *Sistemi informativi integrati per la tutela la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, pp. 58-64. Roma: Gangemi Editore.

Brusaporci, S. (2011). Digital models for architectonical representation. In *Disegnarecon*, 4(8), pp. 107-115.

Docci, M., Chiavoni, E. (2017). *Saper leggere l'architettura*. Bari: Laterza.

Docci, M., Maestri, D. (2009). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano.* Bari: Laterza.

Empler, T., Quici, F., Valenti, M.G. (a cura di). (2018). *3D Modeling & BIM. Nuove Frontiere*. Roma: Dei-Tipografia del Genio Civile.

Gomis-Porqueras, P., Rodrigues-Neto, J. A. (2018). Teaching technologies, attendance, learning and the optimal level of access to online materials. In *Economic Modelling*, 73, pp. 329-342.

Grilli, E., Remondino, F. (2019). Classification of 3D digital heritage. In *Remote Sensing,* 11(7), pp. 847-855.

Mahmood, S. (2021). Instructional Strategies for Online Teaching in COVID-19 Pandemic. In *Hum. Behav. Emerg. Technol.*, 3, pp. 199-203.

Mengozzi, M., Poma, G. (2020). *Palazzo del Merenda. Un patrimonio forlivese.* Forlì: Società di Studi Romagnoli.

Muralidharan, K., Singh, A., Ganimian, A. J. (2019). Disrupting education? Experimental evidence on technology-aided instruction in India. In *American Economic Review,* Nashville, v. 109, n. 4, pp. 1426-60.

Papa, L.M., D'Agostino, P. (a cura di). (2019). *BIM Views. Esperienze e Scenari.* Fisciano: CUA - Coop. Univ. Athena.

Scidà, I., Alotto, F., Osello, A., (2020). A methodology to virtualize technical engineering laboratories: MastrLAB-VR. In *International Journal of Civil and Architectural Engineering,* 14(6), 175-184.

Sosa, O., Manzuoli, C. (2019). Models for the pedagogical integration of information and communication technologies: a literature review. In *Avaliação e Políticas Públicas em Educação,* Rio de Janeiro, v. 27, n. 102, pp. 129-156.

Tucci, G., et al. (2017). Digital workflow for the acquisition and elaboration of 3D data in a monumental complex: the fortress of Saint John the Baptist in Florence. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences,* XLII-2/W5, pp. 679–686.

UNESCO, *Education: From disruption to recovery. COVID-19 impact on education.* https://en.unesco.org/covid19/educationresponse (consultato il 5 febbraio 2022).

UNESCO, *Education: Global monitoring of school closures for COVID-19.* https://en.unesco.org/covid19/educationresponse#-schoolclosures (consultato il 5 febbraio 2022).

Authors
Marcello Balzani, University of Ferrara, marcello.balzani@unife.it
Federica Maietti, University of Ferrara, federica.maietti@unife.it
Luca Rossato, University of Ferrara, luca.rossato@unife.it
Dario Rizzi, University of Ferrara, dario.rizzi@unife.it
Martina Suppa, University of Ferrara, martina.suppa@unife.it

To cite this chapter: Balzani Marcello, Maietti Federica, Rossato Luca, Rizzi Dario, Suppa Martina (2022). Scenari di *reverse processing* nel rilievo architettonico da nuvola di punti/Reverse processing scenarios in architectural survey from point cloud. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/ Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: FrancoAngeli, pp. 1261-1278.

 Isbn 9788835141938